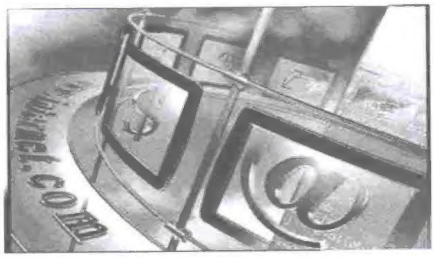
■ ไพโรจน์ ไววานิชกิจ

# รอบรู้... เครือข่ายคอมพิวเตอร์ : เชื่อมต่อเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (3)



***มาตรฐานเครือข่าย LAN แบบอีเธอร์เน็ต และแบบโทเค็น รวมถึงมาตรฐาน FDDI***

สิ่งที่ผู้เขียนใคร่ขอนำเสนอก่อนที่จะกล่าวลงไปในเรื่องของเทคนิคการติดตั้งก็คือเรื่องของมาตรฐานเครือข่าย LAN ที่มีใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งแบ่งออกได้เป็นมาตรฐาน LAN แบบอีเธอร์เน็ต และมาตรฐาน LAN แบบโทเค็น นอกจากนี้ยังรวมถึงมาตรฐาน FDDI ซึ่งสนับสนุนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ความเร็วสูงและได้รับการยอมรับใช้งานกันกว้างขวางในปัจจุบัน

## มาตรฐานอีเธอร์เน็ตชนิดอื่น ๆ

โดยทั่วไปเมื่อกล่าวถึงอีเธอร์เน็ต ย่อมจะหมายถึงกลุ่มข้อกำหนดมาตรฐานเครือข่ายที่ทำงานภายใต้โปรโตคอลแบบ CSMA/CD ข้อกำหนดอีเธอร์เน็ตในยุคเริ่มแรกเกิดขึ้นจากการร่วมมือกันของบริษัท ซีรอกซ์ ดิจิตอลอีควิปเมนต์ และอินเทล โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราเร็วสูงสุด 10 เมกะบิตต่อวินาที ผ่านสายนำสัญญาณแบบโคแอกเชียลชนิดแข็ง 50 โอห์ม และเมื่อมาตรฐานอีเธอร์เน็ตได้ถูกประกาศเป็นสากลโดยคณะทำงาน IEEE 802.3 ก็ได้มีการสร้างมาตรฐานอีเธอร์เน็ตเพิ่มเติมขึ้นอีก 5 ชนิด โดยแต่ละมาตรฐานต่างก็มีเป้าหมายในการรับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูงสุด 10 เมกะบิตต่อวินาที นับจากนั้นมาจนถึงปัจจุบัน ก็ได้มีการสร้างมาตรฐานอีเธอร์เร็ตอัตราเร็วสูงโดยอาศัยโปรโตคอล CSMA/CD ข้อกำหนด IEEE 802.3µ ได้รับการกำหนดขึ้นเพื่อครอบคลุมการรับส่งข้อมูลในอัตราเร็วสูงถึง 100 เมกะบิตต่อวินาที นอกจากนั้นยังมีการกำหนดมาตรฐาน IEEE 802.12 หรือที่นิยมเรียกกันว่า 100VG-AnyLan ขึ้นเพื่อรองรับรูปแบบการเชื่อม LAN แบบอีเธอร์เน็ตหรือมาตรฐานอื่น ๆ ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดทางเทคนิคของมาตรฐานอีเธอร์เน็ตอัตราเร็ว 10 เมกะบิตต่อวินาที

ในการตั้งชื่อมาตรฐานดังกล่าว คณะกรรมการ IEEE ได้กำหนดรูปแบบการเรียกชื่อเป็น s type I สำหรับมาตรฐานอีเธอร์เน็ตที่อาศัยเทคโนโลยี CSMA/CD โดย s แทนอัตราเร็ว (speed) มีหน่วยเป็นเมกะบิตต่อวินาที type แทนประเภทของระบบสัญญาณ โดยใช้ BASE ในกรณีของสัญญาณแบบเบสแบนด์ และ BROAD แทนสัญญาณแบบบรอดแบนด์ และสุดท้าย I ใช้แทนระยะทางสูงสุดของแต่ละเซกเมนต์ (lenght) ในหน่วยร้อยเมตร ดังนั้น 10BASE-5 จึงหมายถึงมาตรฐาน LAN ที่สามารถรองรับการส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูงสุด 10 เมกะบิตต่อวินาที ด้วยการใช้สัญญาณแบบเบสแบนด์ และจำกัดความยาวต่อเซกเมนต์ไว้เท่ากับ 500 เมตร อย่างไรก็ตาม ในบางครั้ง I ก็มิได้ใช้สื่อความหมายถึงความยาวของแต่ละเซกเมนต์ ตัวอย่างเช่น 10BASE-T ซึ่ง T ใช้แทนความหมายของคู่สายตีเกลียว (Twisted-pair) ซึ่งความยาวต่อเซกเมนต์ที่ค่าเท่ากับ 100 เมตร และสำหรับ 10BASE-2 ซึ่งความยาวต่อเซกเมนต์มีค่าเท่ากับ 185 เมตร

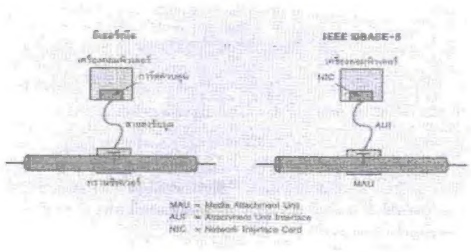
สำหรับรายละเอียดของมาตรฐาน IEEE 802.3 ที่ได้รับการกำหนดเพิ่มเติมขึ้นที่สำคัญ และมีการใช้งานต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบันมีอยู่ 3 มาตรฐานด้วยกัน ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

### มาตรฐาน 10BASE-5

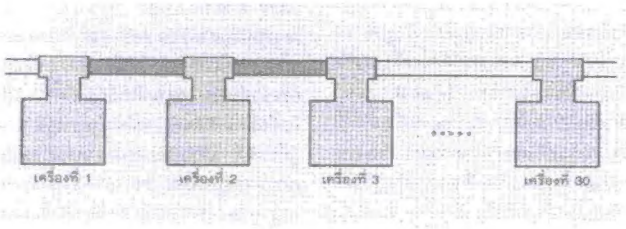
แม้ว่ารูปแบบการจัดโครงสร้างเชื่อมต่อของมาตรฐาน 10BASE-5 จะมีความคล้ายคลึงกับมาตรฐานอีเธอร์เน็ต แต่การปรับเปลี่ยนคำศัพท์บางคำก็อาจก่อให้เกิดความสับสนต่อผู้ใช้งานได้ ดังนั้นผู้เขียนจึงขอเปรียบเทียบศัพท์เฉพาะที่ใช้ในมาตรฐาน IEEE 802.3 10BASE-5 กับมาตรฐานอีเธอร์เน็ตพื้นฐาน ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ควบคุมในมาตรฐาน 10BASE-5 จะถูกเรียกชื่อเป็น NIC (Network Interface Card) สำหรับสายรับส่งสัญญาณจะถูกเรียกแทนเป็น AUI (Attachment Unit Interface) และสุดท้ายอุปกรณ์รับส่งสัญญาณจะถูกเปลี่ยนชื่อเป็น MAU (Media Attachment Unit) มาตรฐาน 10BASE-5 มีการกำหนดใช้คอนเน็กเตอร์สำหรับเชื่อมต่อ 2 ประเภท ประเภทแรกคือคอนเน็กเตอร์แบบ DB-15 สำหรับการเชื่อมต่อ AUI เข้ากับ NIC สำหรับคอนเน็กเตอร์ประเภทที่สองซึ่งก็คือแบบ BNC จะใช้สำหรับเชื่อมต่อ NIC เข้ากับเครือข่ายมาตรฐานแบบ 10BASE-2 หรือกล่าวได้ว่าอุปกรณ์ NIC โดยทั่วไปจะมีอินเตอร์เฟสสำหรับเชื่อมต่อได้ทั้งกับมาตรฐาน 10BASE-5 และ 10BASE-2

### มาตรฐาน 10BASE-2

อุปกรณ์แบบ 10BASE-2 ได้รับการออกแบบมาให้ใช้เชื่อมต่อกับสายโคแอกเชียลชนิดอ่อนซึ่งสามารถดัดให้โค้งได้โดยไม่ต้องห่วงว่าสายสัญญาณข้างในจะหักหรือขาด ดังเช่นที่เป็นกับสายโคแอกเชียลแบบแข็งในกรณีของมาตรฐาน 10BASE-5 นอกจากนั้นยังเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายที่มีต่อชนิดของสายสัญญาณอีกด้วย การเชื่อมต่อเข้ากับสถานีฐานจะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ BNC




*รูปที่ 1 การเรียกชื่อส่วนประกอบต่าง ๆ ตามมาตรฐาน 10BASE-5*




*รูปที่ 2 การเชื่อมต่อสายสัญญาณสำหรับเครือข่าย LAN แบบ 10BASE-2*

รูปที่ 2 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่างสถานีงานภายในเครือข่าย 10BASE-2 ข้อจำกัดของเทคโนโลยีชนิดนี้อยู่ที่จำนวนสูงสุดของสถานีงานซึ่งจะต้องมีไม่เกิน 30 สถานีต่อหนึ่งเซกเมนต์ อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้งานสามารถขยายขนาดของเครือข่ายแบบ 10BASE-2 ได้โดยผ่านทาง IRCS (Inter-Repeater Cable Segment) หรืออาศัยการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ 10BASE-2 เข้ากับเครือข่ายแบบ 10BASE-5 ทั้งนี้ต้องพึงระวังมิให้การเชื่อมต่อขัดแย้งหรือฝืนกับกฎในการเชื่อมต่อสายสัญญาณ สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติมทางเทคนิคเหล่านี้ ผู้เขียนขอแนะนำให้ค้นคว้าจากเอกสารมาตรฐาน IEEE 802.3 ในส่วนของการเชื่อมต่อสายนำสัญญาณข้ามเครือข่าย IEEE 802.3 ต่างชนิดกัน

*ตารางที่ 1 เปรียบเทียบข้อกำหนดอีเธอร์เน็ตกับมาตรฐาน IEEE 802.3 ชนิดต่าง ๆ*

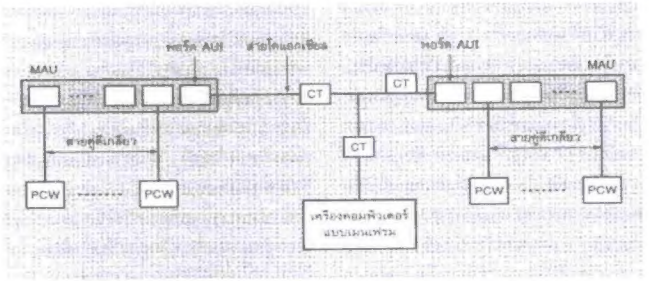
| | อีเธอร์เน็ต | 10BASE-5 | 10BASE-2 | 1BASE-5 | 10BASE-T | 10BROAD-36 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| อัตราเร็วในการส่งข้อมูล (เมกะบิตต่อวินาที) | 10 | 10 | 10 | 1 | 10 | 10 |
| โปรโตคอลที่ใช้ | CDMA/CD | CDMA/CD | CDMA/CD | CDMA/CD | CDMA/CD | CDMA/CD |
| ประเภทของระบบสัญญาณ | เบสแบนด์ | เบสแบนด์ | เบสแบนด์ | เบสแบนด์ | เบสแบนด์ | บรอดแบนด์ |
| การเข้ารหัสข้อมูล | แมนเชสเตอร์ | แมนเชสเตอร์ | แมนเชสเตอร์ | แมนเชสเตอร์ | แมนเชสเตอร์ | แมนเชสเตอร์ |
| ระยะทางสูงสุดของแต่ละเซกเมนต์ (เมตร) | 500 | 500 | 185 | 250 | 100 | 1,800 |
| จำนวนสถานีงานต่อเซกเมนต์ | 100 | 100 | 30 | 12/ฮับ | 12/ฮับ | 10 |
| ตัวนำสัญญาณ | สายโคแอกเชียลชนิดแข็ง 50 โอห์ม | สายโคแอกเชียลชนิดแข็ง 50 โอห์ม | สายโคแอกเชียลชนิดอ่อน 50 โอห์ม | สายคู่ตีเกลียวไม่มีชีลด์ | สายคู่ตีเกลียวไม่มีชีลด์ | สายโคแอกเชียล 75 โอห์ม |
| รูปแบบการเชื่อมต่อ | แบบบัส | แบบบัส | แบบบัส | แบบดวงดาว | แบบดวงดาว | แบบบัส |

### มาตรฐาน 10BASE-T

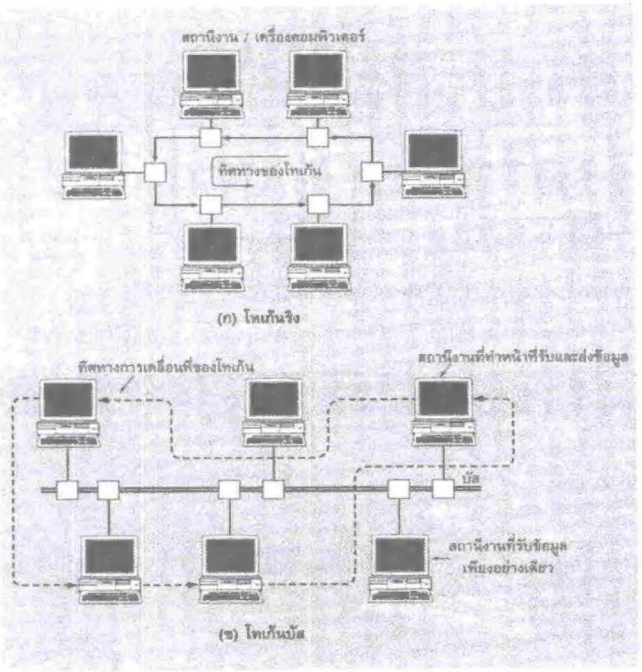
เป็นมาตรฐานที่ทันสมัยและได้รับการนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายที่สุดในปัจจุบันด้วยความง่ายในการติดตั้งใช้งาน 10BASE-T สามารถรองรับการส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูงถึง 10 เมกะบิตต่อวินาทีได้บนคู่สายตีเกลียวแบบไม่มีชีลด์ มาตรฐานดังกล่าวได้รับการระบุไว้ในข้อกำหนด IEEE 802.3i สถานีงานแต่ละแห่งจะถูกเชื่อมต่อผ่านทางคู่สายตีเกลียวแบบไม่มีชีลด์ไปยังอุปกรณ์ MAU ภายใน MAU แต่ละชุดจะมีการติดตั้งอุปกรณ์ AUI สำหรับใช้เชื่อมต่อไปยัง MAU ข้างเคียงโดยใช้สายนำสัญญาณแบบโคแอกเชียล ดังนั้นจึงสามารถทำการจัดโครงสร้างการเชื่อมต่อสถานีงานเป็นแบบกระจาย (Star configuration) โดยการเดินคู่สายตีเกลียวไปยังอุปกรณ์ MAU ซึ่งโดยทั่วไปก็คืออุปกรณ์ฮับ (HUB) รูปที่ 3 แสดงถึงตัวอย่างการเชื่อมต่อสถานีงานภายในองค์กรเข้ากับเครือข่ายแบบ 10BASE-T โดยผ่านทางคู่สายตีเกลียวแบบไม่ชีลด์ไปยังอุปกรณ์ MAU และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ MAU เข้าหากัน นอกจากนั้นจะเห็นได้ว่าพอร์ตเชื่อมต่อแบบ AUI ยังใช้สำหรับเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบเมนเฟรมโดยใช้สายนำสัญญาณแบบโคแอกเชียลได้อีกด้วย

### มาตรฐาน LAN แบบโทเค็น

มาตรฐาน LAN แบบอีเธอร์เน็ตนั้นมีข้อจำกัดในเรื่องประสิทธิภาพที่สำคัญอยู่ประการหนึ่ง นั่นคือการที่มาตรฐาน LAN ดังกล่าวใช้เทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลแบบ CSMA/CD ซึ่งเมื่อจำนวนสถานีงานที่เชื่อมต่ออยู่กับเครือข่ายเพิ่มมากขึ้น โอกาสที่สถานีงานจำนวนมากกว่า 2 สถานีจะทำการส่งข้อมูลออกมาในเวลาเดียวกันก็ย่อมจะต้องมีมากขึ้น แม้ว่าจะมีกลวิธีในการป้องกันการชนกันของข้อมูลอยู่ก็ตาม แต่วิธีการเหล่านั้นจะทำงานได้ดีก็ต่อเมื่อเกิดการชนกันในครั้งแรกขึ้นแล้วเท่านั้น การติดตั้งเครือข่าย LAN แบบอีเธอร์เน็ตในองค์กรที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์หรือสถานีงานจำนวนมาก ๆ โดยขาดการออกแบบระบบการเชื่อมต่อหรือการจัดกลุ่มเครือข่ายย่อย (Sub Network) ที่เหมาะสมก็ย่อมส่งผลให้อัตราการชนกันของข้อมูลมีสูงขึ้น ซึ่งสามารถแปลความหมายสู่สายตาของผู้ใช้งานในเรื่องของประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลที่ช้าลง (ยิ่งเกิดการชนกันของข้อมูลมากขึ้น ก็ย่อมหมายถึงต้องเสียเวลาในการส่งข้อมูลนานขึ้นด้วย)




*รูปที่ 3 การเชื่อมต่อเครือข่าย LAN แบบผสม*




*รูปที่ 4 โครงสร้างของมาตรฐาน LAN แบบโทเค็น*

ปรัชญาการออกแบบมาตรฐาน LAN แบบโทเค็นถือความสำคัญในเรื่องของการให้สิทธิในการส่งข้อมูลแก่สถานีงานเพียงหนึ่งสถานีในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น ทั้งนี้โดยการกำหนดให้มีข้อมูลชนิดหนึ่งซึ่งเรียกชื่อกันว่า "โทเค็น (Token)" เคลื่อนที่ไปภายในเครือข่ายอยู่ตลอดเวลา เมื่อโทเค็นเคลื่อนที่ไปถึงสถานีงานใด สถานีงานดังกล่าวก็จะมีสิทธิในการส่งข้อมูลโดยจะทำการเติมข้อมูลที่ต้องการส่งพร้อมระบุชื่อสถานีงานปลายทางต่อท้ายข้อมูลโทเค็น เมื่อโทเค็นเคลื่อนย้ายไปยังสถานีงานปลายทางที่ต้องการส่งข้อมูลไปถึง สถานีงานนั้นก็จะรับทราบว่ามีข้อมูลมาถึงตนและจะทำการดึงข้อมูลในส่วนที่ต่อท้ายกับโทเค็นออกมา โทเค็นจะว่างและพร้อมสำหรับการส่งข้อมูลของสถานีงานอื่น ๆ ต่อไป การทำงานของโทเค็นเปรียบไปก็คล้ายกับการกำหนดสัญลักษณ์ในการส่งข้อมูลให้กับสถานีงาน สถานีงานใดได้รับสัญลักษณ์ดังกล่าวก็จะมีสิทธิในการส่งข้อมูล

สำหรับการจัดโครงสร้างของเครือข่าย LAN แบบโทเค็นนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทด้วยกันตามรูปแบบทางกายภาพและการทำงานของระบบ นั่นคือ เครือข่ายโทเค็นริง (Token Ring Network) และเครือข่ายโทเค็นบัส (Token Bus Network) รูปที่ 4 ก. แสดงให้เห็นถึงเครือข่าย LAN แบบโทเค็นริงซึ่งกำหนดให้เครื่องคอมพิวเตอร์หรือสถานีงานแต่ละสถานีทำการเชื่อมต่อกันเป็นวงรอบปิด โดยสถานีงานจะต้องทำการติดตั้งการ์ดเชื่อมต่อซึ่งมีจุดต่อสายสัญญาณสองจุดคือ จุดนำสัญญาณเข้า และจุดนำสัญญาณออก โดยทั่วไปนิยมใช้สายนำสัญญาณเป็นใยแก้วนำแสง โครงสร้างของมาตรฐาน LAN แบบโทเค็นริงนี้สะท้อนให้เห็นถึงปรัชญาในการทำงานโดยอาศัยโทเค็นอย่างชัดเจน นั่นคือข้อมูลที่เป็นโทเค็นจะเคลื่อนจากสถานีงานหนึ่งไปยังอีกสถานีงานหนึ่งจนครบวงรอบ สถานีงานใดที่ต้องการส่งข้อมูลออกมาจะต้องรอจนกว่าตนจะได้รับข้อมูลโทเค็น และยังต้องตรวจสอบต่อไปอีกว่าโทเค็นที่ตนได้รับในขณะเวลาใดเวลาหนึ่งนั้นไม่มีข้อมูลจากสถานีงานอื่นติดมาด้วย จึงจะสามารถส่งข้อมูลของตนออกไปต่อท้ายโทเค็นได้

โครงสร้างของเครือข่าย LAN แบบโทเค็นบัสซึ่งแสดงในรูปที่ 4 ข. นั้นมีรูปแบบการทำงานที่ซับซ้อนกว่ามาตรฐานโทเค็นริง ผู้อ่านจะเห็นได้ว่าการเชื่อมต่อระหว่างสถานีงานแต่ละสถานีมิได้เป็นการเชื่อมต่อโดยตรงเหมือนดังในกรณีแรก แต่จะเป็นการเชื่อมต่อเข้ากับบัสข้อมูล (ดูคล้ายกับมาตรฐาน LAN แบบอีเธอร์เน็ต) อย่างไรก็ตามการทำงานรับส่งข้อมูลของแต่ละสถานีงานก็ยังคงเป็นไปตามแนวคิดพื้นฐานแบบโทเค็น โดยในแต่ละสถานีงานจะได้รับการโปรแกรมตารางการรับส่งข้อมูล ตัวอย่างเช่น สถานีงาน ก. จะทราบว่าเมื่อตนได้รับโทเค็นแล้วจะต้องส่งต่อไปให้สถานีงาน ข. และสถานีงาน ข. ก็จะทราบว่าต้องส่งโทเค็นต่อไปให้สถานีงาน ค. ข้อดีที่เหนือกว่ามาตรฐานโทเค็นริงก็คือผู้ออกแบบระบบเครือข่ายสามารถกำหนดระดับความสำคัญ (Priority) ให้กับสถานีงานบางสถานีได้ ทั้งนี้สถานีงานที่มีปริมาณข้อมูลที่ต้องการส่งสูงกว่าสถานีงานทั่ว ๆ ไปอาจจะได้ถือครองโทเค็นมากกว่า 1 ครั้งต่อหนึ่งรอบการโคจรของโทเค็น ตัวอย่างเช่น กำหนดให้สถานีงาน ข. มีระดับความสำคัญสูงกว่าสถานีงานอื่น ๆ ลำดับในการส่งโทเค็นก็อาจได้รับการกำหนดเป็น สถานี ก. - สถานี ข. - สถานี ค. - สถานี ข. - สถานีงาน ง. - สถานีงาน จ. ซึ่งจะเห็นได้ว่าสถานีงาน ข. ได้รับสิทธิในการถือครองโทเค็นมากกว่า 1 ครั้งในรอบวงโคจร ความสามารถดังกล่าวจะไม่สามารถกำหนดได้ในกรณีของมาตรฐาน LAN แบบโทเค็นริง นอกจากนั้นสถานีงานที่หยุดทำงานหรือถูกผู้ควบคุมเครือข่ายตัดออกจากระบบก็ยังคงสามารถเชื่อมต่ออยู่กับเครือข่ายได้โดยสถานีงานดังกล่าวจะไม่ได้รับการส่งโทเค็นให้จากสถานีงานอื่น ๆ ข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างมาตรฐานโทเค็นริงและโทเค็นบัสสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

ข้อมูลและตารางข้างต้นคงบอกได้ถึงข้อดีข้อด้อยในด้านต่าง ๆ ของมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบโทเค็นริงและโทเค็นบัส การกำหนดเลือกใช้มาตรฐานการสื่อสารให้เหมาะสมกับการใช้งานก็คงจะต้องพิจารณาถึงปัจจัยในด้านต่าง ๆ เหล่านี้ควบคู่ไปกับค่าใช้จ่ายและความยากง่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษาควบคู่กันไป จากนี้ไปผู้เขียนจะขอกล่าวถึงกรณีศึกษาของเครือข่ายแบบโทเค็นซึ่งประสบความสำเร็จและเป็นที่รู้จักกันดีในสหรัฐอเมริกานับตั้งแต่เมื่อหลายสิบปีก่อน จนกระทั่งถึงปัจจุบัน ซึ่งก็คือเครือข่าย ARCnet ของบริษัท Datapoint Corporation

### เครือข่าย ARCnet

ARCnet ถือเป็นเครือข่ายโทเค็นริงที่ถือกำเนิดขึ้นเป็นรายแรกในสหรัฐอเมริกา เครือข่ายดังกล่าวที่มีชื่อว่า Attached Resource Computer Network ได้รับการวิจัยและพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Datapoint Corporation ในระยะแรกข้อมูลในเรื่องของระบบเครือข่ายและโปรโตคอลที่ใช้งานได้รับการปกปิดเป็นความลับ มีเพียงการเปิดเผยข้อมูลต่อสาธารณชนเฉพาะในส่วนของโปรโตคอล

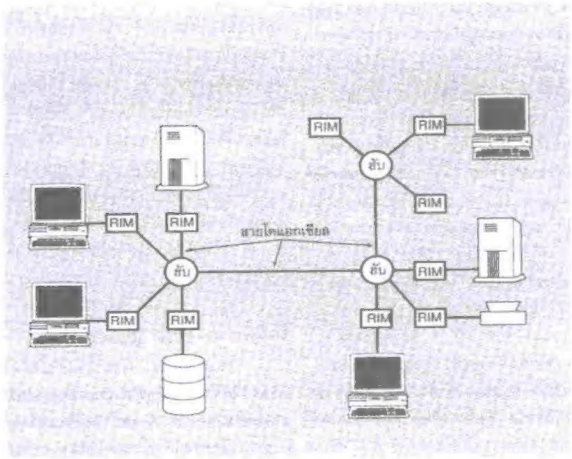
*ตารางที่ 2 ข้อแตกต่างระหว่างมาตรฐานโทเค็นริงและโทเค็นบัส*

| โทเค็นริง | โทเค็นบัส |
|---|---|
| การเชื่อมต่อระหว่างสถานีงานด้วยกันเป็นแบบแอคทีฟ | การเชื่อมต่อระหว่างสถานีงานกับบัสเป็นแบบพาสซีฟ คล้ายกับกรณีของมาตรฐานอีเธอร์เน็ต |
| การเชื่อมต่อแบบจุดถึงจุดทำให้สามารถควบคุมคุณภาพของการรับส่งสัญญาณให้อยู่ในระดับที่สูง | การต่อพ่วงสถานีงานบนบัสข้อมูลก่อให้เกิดการลดทอนของระดับสัญญาณอันเนื่องมาจากผลของอิมพีแดนซ์ |
| การเชื่อมต่อแบบริงไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของระยะทาง ทั้งนี้เพราะไม่เกิดการหน่วงข้อมูลขณะส่งข้อมูลประกอบทั้งแต่ละสถานีงานจะสร้างสัญญาณขึ้นใหม่ก่อนส่งข้อมูลไปยังสถานีงานต่อไป | มีข้อจำกัดในเรื่องของระยะทางอันส่งผลต่อเวลาหน่วงของข้อมูล ต้องระวังในเรื่องของลดทอนของสัญญาณข้อมูล |
| โครงสร้างการเชื่อมต่อแบบริงเหมาะสำหรับการรับส่งข้อมูลผ่านตัวกลางการเชื่อมต่อแบบใยแก้วนำแสง | เหมาะสมสำหรับการเชื่อมต่อผ่านสายนำสัญญาณแบบโคแอกเชียลในระยะทางที่ไม่ไกลมากนัก |

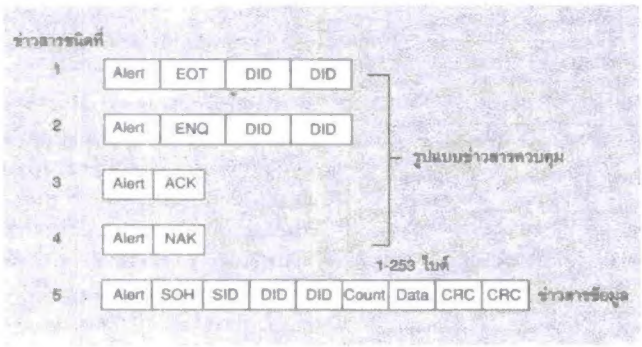
ในระดับชั้นที่สอง ข้อกำหนดการเชื่อมต่อ และรายละเอียดวงจรรวม ในปี พ.ศ. 2525 โดยพื้นฐานแล้ว ARCnet จัดเป็นเครือข่ายแบบโทเค็นบัสซึ่งมีรูปแบบการเชื่อมต่อทางกายภาพเป็นแบบลูกผสมระหว่างรูปแบบบัสและรูปแบบกระจาย (Hybrid Bus/Star configuration) ดังแสดงในรูปที่ 5 กล่าวคือ แทนที่รูปแบบการเชื่อมต่อทางกายภาพจะเป็นแบบบัสดังแสดงในรูปที่ 5 ข. เครือข่าย ARCnet กลับมีการใช้อุปกรณ์ฮับโดยมีพอร์ตเฉพาะเพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่มีชื่อว่า Resource Interface Modules (RIM) เข้ากับระบบสื่อสัญญาณ อุปกรณ์ RIM เป็นอุปกรณ์ตัวกลางที่ใช้เชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่าง ๆ การจัดสถาปัตยกรรมเครือข่ายโดยอาศัยอุปกรณ์ฮับถือเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมคุณภาพของระดับสัญญาณ ทั้งนี้เพราะอุปกรณ์ฮับจะทำหน้าที่ในการแยกสัญญาณจากพอร์ต RIM ทั้งหมดออกจากสัญญาณที่ปรากฏบนระบบนำสัญญาณซึ่งเป็นสายโคแอกเซียล อุปกรณ์ขยายสัญญาณแบบทิศทางเดียวภายในฮับส่งผลให้เกิดการกำจัดสัญญาณสะท้อนกลับที่ปรากฏขึ้นบนระบบสื่อสัญญาณมิให้ย้อนกลับเข้าไปยังอุปกรณ์ RIM ทั้งนี้เพราะการขยายสัญญาณจะเกิดขึ้นครั้งละทิศทางเท่านั้น

การเชื่อมต่อทางกายภาพระหว่างอุปกรณ์ฮับและ RIM จะใช้สายนำสัญญาณแบบโคแอกเซียลแบบ RG62 รับส่งสัญญาณข้อมูลแบบเบสแบนด์ด้วยอัตราเร็ว 2.5 เมกะบิตต่อวินาที ถึงแม้อัตราเร็วดังกล่าวจะไม่อยู่ในระดับที่เรียกได้ว่าสูงมากนัก แต่ก็ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ RIM ของตนเข้ากับเครือข่ายได้ด้วยสายนำสัญญาณที่มีราคาไม่สูงนัก นอกจากนั้นระยะห่างสูงสุดที่ยอมให้ได้ระหว่างอุปกรณ์ RIM และฮับก็เป็นไปได้ถึง 2,000 ฟุต สำหรับรูปแบบของโปรโตคอลในระดับชั้นที่สอง (Data Link Protocol) นั้น เครือข่าย ARCnet ก็ได้มีการกำหนดรูปแบบข่าวสารพื้นฐานที่มีการใช้งานออกเป็น 5 ชนิดดังแสดงในรูปที่ 6 ข่าวสารสี่ชนิดแรกใช้ในกระบวนการควบคุมข่าวสาร สำหรับข่าวสารชนิดที่ห้าจะถูกใช้ในการรับส่งข้อมูลของผู้ใช้งานระหว่างสถานีงาน ฟิลด์ข้อมูลที่ใช้ในระบุแอดเดรสของสถานีงานมีขนาด 8 บิตซึ่งสามารถแทนหมายเลขของสถานีงานได้ตั้งแต่ 1 ถึง 255 สำหรับหมายเลข 0 จะใช้ในกรณีของการกระจายข่าวไปยังทุกสถานีงาน (Broadcast Address) จากรูปที่ 6 จะเห็นว่ามีการกำหนดฟิลด์ข้อมูลที่ระบุแอดเดรสของสถานีงานปลายทางซ้ำกันในทุกข่าวสาร ทั้งนี้ก็เพื่อป้องกันการเกิดความผิดพลาดของข้อมูลระหว่างการรับส่ง

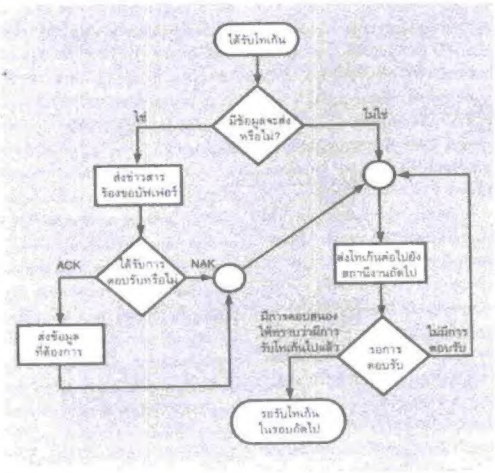
สำหรับแผนผังแสดงกระบวนการทำงานภายในอุปกรณ์ RIM แสดงในรูปที่ 7 เมื่ออุปกรณ์ RIM ได้รับโทเค็นซึ่งบรรจุข่าวสารประเภทที่ 1 และระบุแอดเดรสปลายทางตรงกับแอดเดรสของตนก็จะเกิดการตัดสินใจทำงานขึ้นในสองแนวทางซึ่งขึ้นอยู่กับว่าอุปกรณ์ RIM ยังคงมีข้อมูลที่ค้างส่งเหลืออยู่อีกหรือไม่ ในกรณีที่ยังเหลือข้อมูลที่ต้องการส่งค้างอยู่ อุปกรณ์ RIM ก็จะทำการ




*รูปที่ 5 โครงสร้างกายภาพของเครือข่าย ARCnet*

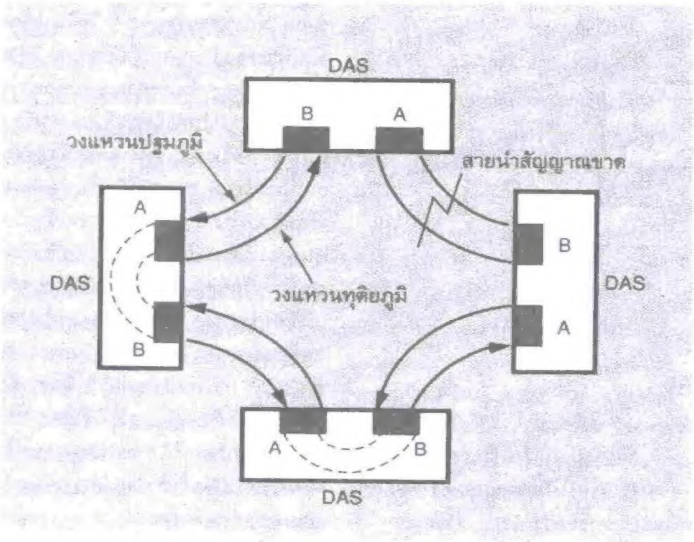



*รูปที่ 6 รูปแบบของข่าวสารชนิดต่าง ๆ ที่มีใช้งานในเครือข่าย ARCnet*




*รูปที่ 7 แผนภาพแสดงกระบวนการจัดการโทเค็นในเครือข่าย ARCnet*

ส่งข่าวสารประเภทที่ 2 (Free-buffer Request) ไปยังอุปกรณ์ RIM ปลายทางเพื่อถามว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลต่อหรือไม่ อุปกรณ์ RIM ปลายทางอาจจะตอบกลับด้วยข่าวสารประเภทที่ 3 (ACK) หากพบว่าตนมีบัฟเฟอร์หรือพอที่จะรับข้อมูลใหม่ได้อีก หรือตอบกลับด้วยข่าวสารประเภทที่ 4 (NAK) ในกรณีที่ยังไม่มีบัฟเฟอร์เหลือว่างพอที่จะรับข้อมูลใหม่ ไม่ว่าจะมีการส่งข่าวสารประเภทใดหรือไม่มีการส่งก็ตาม อุปกรณ์ RIM จะส่งโทเค็นต่อให้กับสถานีงานที่อยู่ถัดไปซึ่งโดยทั่วไปจะมีหมายเลขแอดเดรสสูงกว่าตน หลังจากส่งโทเค็นออกไปแล้ว อุปกรณ์ RIM ดังกล่าวก็จะตรวจสอบดูว่าโทเค็นถูกส่งไปถึงสถานีงานถัดไปหรือไม่โดยการรอรับข่าวสารประเภทที่ 1 2 หรือ 5 จากสถานีงานถัดไปเพื่อเป็นการยืนยัน หากไม่มีการยืนยันกลับมาภายในเวลา 74 ไมโครวินาที (0.000074 วินาที) อุปกรณ์ RIM จะถือว่าสถานีงานถัดไปไม่อยู่ในสภาพพร้อมทำงาน และจะทำการส่งโทเค็นต่อไปให้กับสถานีงานที่อยู่ถัดออกไปอีกแทน




*รูปที่ 8 สถานีงานซึ่งมีการติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่อแบบ FDDI*

## มาตรฐาน FDDI

ความต้องการในการเพิ่มประสิทธิของมาตรฐานเครือข่าย LAN ให้มีอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงขึ้นส่งผลให้เกิดมาตรฐาน FDDI (Fibre Distributed Data Interface) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่สามารถทำให้มีการรับส่งข้อมูลผ่านไปบนตัวกลางแบบใยแก้วนำแสงด้วยอัตราเร็วที่สูงถึง 100 เมกะบิตต่อวินาที มาตรฐาน FDDI ได้รับการพัฒนาและกำหนดขึ้นโดยสถาบันกำหนดมาตรฐานแห่งชาติ สหรัฐอเมริกา (American National Standards Institute หรือ ANSI) ภายใต้คณะดำเนินงาน X3T9.5 โดยจุดเริ่มต้นของการออกแบบมาตรฐานดังกล่าวก็เพื่อเป็นการพัฒนากลวิธีในการเชื่อมต่ออุปกรณ์บันทึกข้อมูลและหน่วยประมวลผลรวม (Microprocessor) ภายในศูนย์ข่าวสารข้อมูล แม้มาตรฐานดังกล่าวจะดูคล้ายเป็นเรื่องของการเชื่อมต่อภายในอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ตามนิยามของ ANSI มากกว่าที่จะเป็นมาตรฐาน LAN ตามแนวทางของ คณะกรรมการ IEEE 802 แต่การปฏิวัติข้อกำหนดมาตรฐานดังกล่าวขึ้นใหม่ในช่วงปี พ.ศ. 2525 ก็ส่งผลให้เกิดการพัฒนาและนำมาตรฐานดังกล่าวไปใช้งานเป็นเทคโนโลยีหนึ่งของเครือข่าย LAN ซึ่งสามารถรองรับอัตราการส่งข้อมูลได้สูงถึง 100 เมกะบิตต่อวินาที

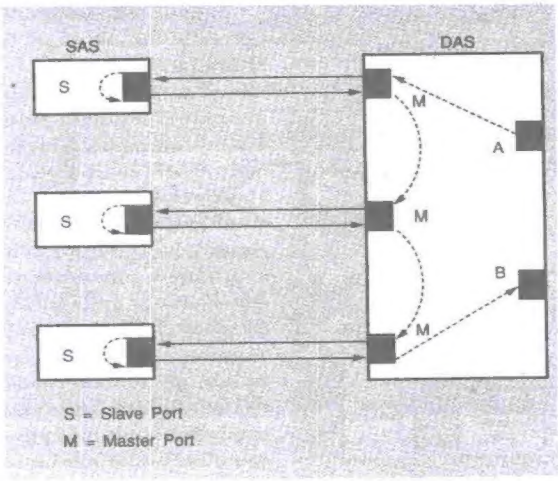
โครงสร้างการเชื่อมต่อภายในเครือข่ายประกอบด้วยวงแหวน (Ring) จำนวน 2 วงซ้อนกันทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูล วงแหวนวงแรกซึ่งมีชื่อเรียกว่าวงแหวนปฐมภูมิ (Primary Ring) จะรับหน้าที่หลักในการรับส่งข้อมูลระหว่างสถานีงานในลักษณะเช่นเดียวกันกับเครือข่าย LAN แบบโทเค็นริงทั่วไป สำหรับวงแหวนวงที่สองซึ่งมีชื่อเรียกว่าวงแหวนทุติยภูมิ (Secondary Ring) จะอยู่ในสภาวะเฉื่อยงาน (Idle) ตราบใดที่วงรอบของการโคจรของโทเค็นภายในวงแหวนวงแรกยังอยู่ในลักษณะครบวงจรอยู่ เมื่อใดก็ตามที่สถานีงานแห่งใดแห่งหนึ่งหยุดทำงาน อุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายกับสถานีงานจะทำการลัดวงจรเชื่อมต่อระหว่างวงแหวนปฐมภูมิและวงแหวนทุติยภูมิ หรือแม้ในกรณีที่เกิดการเสียหายของวงแหวนปฐมภูมิ

แนวคิดการทำงานของเครือข่าย FDDI ยังคงยึดหลักการของโทเค็นเช่นเดียวกับในกรณีของเครือข่าย LAN แบบโทเค็นริง อย่างไรก็ตาม ในมาตรฐาน FDDI นี้ได้มีการกำหนดประเภทของสถานีงานออกเป็น 3 ชนิดด้วยกัน ประเภทแรกได้แก่สถานีงานแบบมีจุดเชื่อมต่อเดียว (Single Attached Station : SAS) อีกสองประเภทที่เหลือจะเป็นแบบสองจุดเชื่อมต่อ (Dual Attached Station : DAS) ตัวอย่างของสถานีงานแบบได้แก่อุปกรณ์เราเตอร์ (router) และบริดจ์ (bridge) สำหรับสถานีงานแบบ DAS จะถือเป็นกลุ่มสถานีงานหลักที่ได้รับการนำมาเชื่อมต่อกันเพื่อสร้างวงจรหลัก (Backbone) ของเครือข่าย FDDI ดังตัวอย่างในรูปที่ 8 ซึ่งมีการสมมติว่าสายนำสัญญาณคู่หนึ่งซึ่งเชื่อมต่อระหว่างสถานีงานแบบ DAS เกิดการขาดขึ้น ผู้อ่านจะเห็นว่าภายในสถานีงานแบบ DAS จะประกอบด้วยพอร์ตเชื่อมต่อจำนวน 2 ชุด ซึ่งในที่นี้ขอเรียกชื่อว่าพอร์ต A และพอร์ต B สำหรับพอร์ต A จะถูกใช้เป็นอินพุตสำหรับวงแหวนปฐมภูมิและเป็นเอาต์พุตสำหรับวงแหวนทุติยภูมิ ส่วนพอร์ต B ก็จะเป็นเอาต์พุตสำหรับวงแหวนปฐมภูมิและเป็นอินพุตสำหรับวงแหวนทุติยภูมิ การที่สถานีงานแต่ละสถานีมีพอร์ตใช้งานจำนวน 2 ชุดจึงทำให้สามารถรับส่งข้อมูลผ่านไปบนวงแหวนได้ทั้ง 2 วง

สถานีงานแต่ละแห่งจะมีการตรวจสอบระดับความเข้มแสงที่ปรากฏบนเส้นใยนำแสงเพื่อตรวจสอบว่าสายนำสัญญาณเกิดการขาดหรือไม่ ในกรณีที่ตรวจพบการขาดของสายนำสัญญาณ คู่สถานีงานที่ขาดการติดต่อกันจะทำการปรับโครงสร้างการเชื่อมต่อของพอร์ตเชื่อมต่อ โดยจะเชื่อมต่ออินพุตและเอาต์พุตของพอร์ต B เข้าด้วยกันในสถานีงานหนึ่ง กับเชื่อมต่ออินพุตและเอาต์พุตของพอร์ต A เข้าด้วยกันในอีกสถานีงานหนึ่ง กล่าวโดยง่ายก็คือคู่สถานีงานที่เกิดปัญหาจะทำการเชื่อมต่อวงแหวนทั้งสองวงเข้าหากัน ซึ่งในกรณีนี้จะทำให้จำนวนวงแหวนใช้งานกลายเป็นวงแหวนเดียวกัน ข้อมูลภายในเครือข่ายก็จะถูกรับส่งผ่านทางวงแหวนใหม่นี้ต่อไปโดยไม่ขาดจังหวะ เมื่อมีการแก้ไขปัญหาของสายนำสัญญาณที่เกิดขึ้นแล้ว ก็จะทำให้ระดับความเข้มแสงที่ปรากฏบนสถานีงานคู่กรณีทั้งสองกลับคืนสู่สภาพปกติ ซึ่งจะส่งผลให้สถานีงานทั้งสองปลดการเชื่อมต่อวงแหวนทั้งสองวงออก และกลับไปเชื่อมต่อกันเองตามเดิม

การเชื่อมต่อแบบ FDDI โดยใช้สถานีงานแบบ DAS อีกลักษณะหนึ่งแสดงในรูปที่ 9 โดยเป็นการเชื่อมต่อสถานีงานแบบ SAS เข้ากับสถานีงานแบบ DAS ซึ่งในกรณีนี้สถานีงานแบบ DAS จะทำตัวเป็นอุปกรณ์รวมสัญญาณ (Concentrator) โดยภายในตัวสถานีงานจะมีพอร์ตเชื่อมต่อพิเศษติดตั้งอยู่เป็นจำนวนมากนอกเหนือจากพอร์ต A และ B ที่มีอยู่ตามปกติ พอร์ตเชื่อมต่อพิเศษเหล่านี้มีชื่อเรียกว่าพอร์ตเชื่อมต่อนำ (Master) ใช้ในการเชื่อมต่อสถานีงานแบบ DAS เข้ากับสถานีงานแบบ SAS ซึ่งจะเห็นว่าเป็นการขยายขอบเขตการครอบคลุมของวงแหวนหลักไปยังสถานีงานแบบ SAS นั่นเอง สำหรับชื่อของพอร์ตเชื่อมต่อนำบนสถานีงานแบบ DAS และพอร์ตเชื่อมต่อตาม (Slave) บนสถานีงานแบบ SAS มิได้อ้างถึงลักษณะการทำงานแต่อย่างใด เป็นเพียงการเรียกชื่อเท่านั้น

ด้วยเหตุดังกล่าว ผู้ออกแบบเครือข่ายจึงสามารถจัดโครงสร้างการเชื่อมต่อจากสถานีงานแบบ SAS ไปยังสถานีงานแบบ DAS เป็นแบบกระจาย (Star Topology) แม้กลไกการทำงานภายในจะเป็นแบบวงแหวนก็ตาม สิ่งที่น่าสนในอีกประการหนึ่งก็คือเนื่องจากการเชื่อมต่อระหว่างสถานีงานแบบ SAS กับสถานีงานแบบ DAS ใช้สายนำสัญญาณเพียง 2 เส้นซึ่งรองรับวงแหวนปฐมภูมิเพียงวงเดียว ในกรณีที่เกิดปัญหาสายนำสัญญาณขาดหรือเสียหายขึ้น การลัดวงจรเพื่อรักษาวงแหวนให้คงอยู่ต่อไปจะเป็นหน้าที่ของสถานีงานแบบ DAS โดยจะกระทำผ่านทางพอร์ตนำที่เกิดปัญหาขึ้น




**รูปที่ 9 การเชื่อมต่อและติดต่อสื่อสารระหว่าง SAS และ DAS**

มาตรฐาน LAN ความเร็วสูงแบบ FDDI ได้รับการนำไปใช้งานเป็นวงจรเชื่อมโยงหลักสำหรับเชื่อมต่อเครือข่าย LAN อัตราเร็วต่ำผ่านทางอุปกรณ์บริดจ์หรือเราเตอร์ไปยังเครือข่าย FDDI นอกจากนั้นยังมีการใช้งานอุปกรณ์สื่อสารแบบ FDDI เป็นพอร์ตเชื่อมต่ออัตราเร็วสูงบนอุปกรณ์ฮับแบบสวิตชิงเพื่อรองรับอัตราเร็วในการส่งข้อมูล 100 เมกะบิตต่อวินาทีผ่านไปยังไฟล์เซิร์ฟเวอร์ เนื่องจากราคาของอุปกรณ์ต่าง ๆ ยังอยู่ในระดับที่สูง จึงนิยมใช้งานมาตรฐาน FDDI แบบใช้คู่สายทองแดงในการนำสัญญาณ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันได้มีมาตรฐาน LAN แบบอีเธอร์เน็ตซึ่งรองรับอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงถึง 100 เมกะบิตต่อวินาทีได้เช่นเดียวกัน ส่งผลให้ความสำคัญของเทคโนโลยีแบบ FDDI ลดลงจน คาดว่าจะหมดบทบาทลงไปในอีกไม่นาน

สิ่งที่ผู้เขียนได้นำเสนอไปในเรื่องของโปรโตคอลระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ซึ่งครอบคลุมมาตรฐานหลัก ๆ ที่มีใช้งานกันอยู่ทั่วไปในปัจจุบันนี้คงจะทำให้ผู้อ่านทุกท่านได้รับความรู้ไปในระดับหนึ่ง บทความตอนต่อไปจะเป็นการกล่าวถึงการประยุกต์ใช้ทางเทคนิคซึ่งผู้อ่านจะสามารถนำความรู้ความเข้าใจที่ได้จากบทความใน 3 ตอนแรกนี้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตจริง คำถามและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ยังคงสามารถส่งมาได้ที่ wpairoj@hotmail.com ติดตามตอนต่อไปได้ในฉบับหน้าครับ